Ministry of Higher Education and
Scientific Research
University of Mosul
College of Computer Science and
Mathematics
Department of Computer Science

Designing and Implementing a Real Time Intelligent System for Face Mask Wearing Detection

**A Thesis Submitted to the Council of the College of
Computer Science and Mathematics
University of Mosul
as a Partial Fulfillment of Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy in
Computer Science**

By
Muna Jaffer Sedeeq Saeed

Supervised by
Prof. Dr. Fawziya Mahmood Ramo Mahmood

2024 A.D. **1446 A.H.**

ABSTRACT

Epidemics and infectious diseases are among the most important challenges facing humanity and the World Health Organization is addressing these challenges by adopting a set of strict instructions and measures to reduce the risk of contracting these diseases. most important of which is wearing masks that is one of the most important tools for preventing infectious diseases transmitted through respiratory droplets. The role of masks is not limited to limiting the spread of infectious diseases, but it is considered an urgent necessity that must be adhered to in some places of a sensitive nature, such as the operating room, pharmaceutical factories, chemical compounds, atomic medicine, medical research centers etc.

In this work, as the first step, two face mask detection datasets have been created, the first one is MJFR (Muna Jaffer Fawziya Ramo) which was collected from four different repositories on roboflow platform after several technical processings and the second one is MSFM (Muna Shamdeen Fawziya Mahmood) which was created from a group of images and captured videos from our daily lives based on the curriculum learning technology and two classification datasets have been created.

Having created and gathered the datasets, the next stage is to build a multimodal intelligent system for detecting and classifying face masks, called Face Mask Detection Multi Models Intelligence System (FMDMIS) which comprises two main independent stages: the detection stage and the classification stage.

In the Detection stage, eight models have been proposed. Five models were proposed from the original YOLOv8n (You Only Look Once V8n) model, and three models were proposed from the original YOLOv5n v6.0 (You Only Look Once v5n v6.0) model. For the proposed YOLOv8n models, the first four modified models are called M1-YOLOv8n (M1 stands for Modified 1), M2-YOLOv8n, M3-YOLOv8n, M4-YOLOv8n which integrates a unique subset of modules (ResNet_Stem, ResNet_Block, ResNet_downsample, GhostConv, Enhanced_ ResNetBlock and SPPCSP) into YOLOv8n backbone for each modified model in such a different way from one modified model to another. The primary objective of all modified models of Yolov8n is to enhance the feature extraction and prediction capabilities of the YOLOv8n model and create a network that is both effective and efficient. While the fifth modified model is MTSD_YOLOv8n (Modified Two Stage Detector You Only Look Once v8n) that improves YOLOv8n to work as two stage detectors instead of one stage detector.

In YOLOv5n v6.0, three modified models have been proposed namely M1-YOLOv5n v6.0, M2- YOLOv5n v6.0 and M3- YOLOv5n v6.0 which carefully curated a set of anchor configurations tailored to the specific requirements of small object mask detection for all modified models and integrates a (ResNet_Stem and ResNet_Block, ResNet_downsample and SPPCSP) modules into YOLOv5n v6.0 backbone for each modified model in such a way different form one modified model to another.

In the Classification stage, this stage has been designed and implemented in two directions, the first direction includes the proposed four models using deep learning while the second direction includes feature extraction and classification that have used

three ways to extract features and four methods to classify images. The Genetic algorithm has been used to find the optimal hyperparameters to improve the accuracy of all proposed models and compared it with the random research optimization technique.

The experimental results have shown that the performance of all modified versions of YOLOv8n outperformed the raw YOLOv8n and the M3-YOLOv8n has the highest performance compared to other modified models achieving a 95.4% mAP@50. In addition, the experimental results showed that all modified models of YOLOv5n v6.0 outperformed the raw YOLOv5n v6.0 and the M3- YOLOv5n v6.0 has the highest performance compared to other modified models achieving a 94% mAP@50. Moreover, MTSD_YOLOv8n model achieved an accuracy of 99.9%. The performance of the MobileNetv1_ LGBM_GEN (MobileNetv1_Light Gradient Boosting Machine_ Genetic) model has superior performance compared to other proposed models with an accuracy of 99.4%. Furthermore, the results showed that the FMDMIS system produced efficient and distinctive results compared to other methods that use the same datasets from the literature.

A user-friendly web application using the Flask web-based framework for face mask detection has been built and deployed on amazon elastic compute cloud instance which enable users to access the application through their web browsers. The FMDMIS system was successfully implemented in one of the medical clinics affiliated with a medical complex in duhok governorate by utilizing two cameras either (two external Full HD web cameras, laptop camera, mobile camera) to monitor people. if a person is detected without a mask in the clinic, the system triggers a beep sound and sends real-time notifications along with images of detected individuals to the dedicated mobile application.

Finally, the results of the FMDMIS application showed high efficiency in various aspects of work, and it effectively contributed to improving public health and safety. The FMDMIS system was nominated within the technological incubator / Ministry of Science and Technology / Industrial Research and Development Authority.

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الموصل
كلية علوم الحاسوب والرياضيات
قسم علوم الحاسوب

تصميم وتنفيذ نظام ذكي يعمل بالزمن الحقيقي لكشف ارتداء قناع الوجه

اطروحة مقدمة
الى مجلس كلية علوم الحاسوب والرياضيات في جامعة الموصل
كجزء من متطلبات نيل شهادة دكتوراه فلسفة في
علوم الحاسوب

من قبل

منى جعفر صديق سعيد

بإشراف
أ.د فوزية محمود رمو محمود

١٤٤٦ هـ ٢٠٢٤ م

الخلاصه

تعد الأوبئة والأمراض المعدية من أهم التحديات التي تواجه البشرية، وتعمل منظمة الصحة العالمية على مواجهة هذه التحديات من خلال تبني مجموعة من التعليمات والإجراءات الصارمة لتقليل مخاطر الإصابة بهذه الأمراض، وأهمها ارتداء الكمامات التي تعد من أهم أدوات الوقاية من الأمراض المعدية التي تنتقل عبر الرذاذ التنفسي، ولا يقتصر دور الكمامات على الحد من انتشار الأمراض المعدية، بل تعتبر ضرورة ملحة يجب الالتزام بها في بعض الأماكن ذات الطبيعة الحساسة، مثل غرفة العمليات ومصانع الأدوية والمركبات الكيميائية والطب الذري ومراكز الأبحاث الطبية وغيرها.

في هذا العمل، كخطوة أولى، تم إنشاء مجموعتين من بيانات الكشف عن أقنعة الوجه، الأولى هي MJFR (منى جعفر فوزية رمو) والتي تم جمعها من أربعة مستودعات مختلفة على منصة roboflow بعد عدة معالجات تقنية والثانية هي MSFM (منى شمدين فوزية محمود) والتي تم إنشاؤها من مجموعة من الصور ومقاطع الفيديو الملتقطة من حياتنا اليومية بناءً على تكنولوجيا التعلم المنهجي وتم إنشاء مجموعتين من بيانات التصنيف.

بعد إنشاء مجموعات البيانات وتجميعها، تتمثل المرحلة التالية في بناء نظام ذكي متعدد الوسائط للكشف عن أقنعة الوجه وتصنيفها، يسمى نظام ذكاء النماذج المتعدد للكشف عن أقنعة الوجه (FMDMIS) والذي يتألف من مرحلتين مستقلتين رئيسيتين: مرحلة الكشف ومرحلة التصنيف.

في مرحلة الكشف، تم اقتراح ثمانية نماذج. تم اقتراح خمسة نماذج من نموذج YOLOv8n الأصلي (You Only Look Once V8n)، وتم اقتراح ثلاثة نماذج من نموذج YOLOv5n v6.0 الأصلي (You Only Look Once v5n v6.0). بالنسبة لنماذج YOLOv8n المقترحة، تسمى النماذج الأربعة المعدلة الأولى M1-YOLOv8n (M1 تعني Modified 1)، M2-YOLOv8n، M3-YOLOv8n، M4-YOLOv8n والتي تدمج مجموعة فرعية فريدة من الوحدات النمطية (ResNet_Stem وResNet_Block وResNet_downsample وGhostConv وEnhanced_ResNetBlock وSPPCSP) في العمود الفقري YOLOv8n لكل نماذج معدلة بطريقة مختلفة من نموذج معدل إلى آخر. الهدف الأساسي لجميع النماذج المعدلة لـ Yolov8n هو تعزيز قدرات استخراج الميزات والتنبؤ بنموذج YOLOv8n وإنشاء شبكة فعالة وكفؤة. في حين أن النموذج المعدل الخامس هو MTSD_YOLOv8n (Modified Two Stage Detector You Only Look Once v8n) الذي يعمل على تحسين YOLOv8n ليعمل ككاشف من مرحلتين بدلاً من كاشف من مرحلة واحدة.

قي YOLOv5n v6.0، تم اقتراح ثلاثة نماذج معدلة وهي M1- YOLOv5n v6.0 وM2- YOLOv5n v6.0 وM3- YOLOv5n v6.0 والتي قامت بعناية بتنظيم مجموعة من تكوينات المرساة المصممة خصيصًا للمتطلبات المحددة لاكتشاف قناع الكائن الصغير لجميع النماذج المعدلة ودمج وحدات (ResNet_Stem وResNet_Block وResNet_downsample وSPPCSP) في العمود الفقري YOLOv5n v6.0 لكل النماذج المعدلة بطريقة مختلفة من نموذج معدل إلى آخر.

في مرحلة التصنيف، تم تصميم هذه المرحلة وتنفيذها في اتجاهين، يتضمن الاتجاه الأول أربعة نماذج مقترحة باستخدام التعلم العميق بينما يتضمن الاتجاه الثاني استخراج الميزات والتصنيف والتي تم استخدام ثلاث طرق لاستخراج الميزات وأربع طرق لتصنيف الصور. تم استخدام الخوارزمية الجينية للعثور على المعلمات الفائقة المثلى لتحسين دقة جميع النماذج المقترحة ومقارنتها بتقنية تحسين البحث العشوائي.

أظهرت النتائج التجريبية أن أداء جميع الإصدارات المعدلة من YOLOv8n تفوق على YOLOv8n الخام وأن M3-YOLOv8n لديه أعلى أداء مقارنة بالنماذج المعدلة الأخرى التي حققت ٩٥,٤٪ mAP@50. بالإضافة إلى ذلك، أظهرت النتائج التجريبية أن جميع النماذج المعدلة من YOLOv5n v6.0 تفوقت على YOLOv5n v6.0 الخام وأن M3- YOLOv5n v6.0 لديه أعلى أداء مقارنة بالنماذج المعدلة الأخرى التي حققت ٩٤٪ mAP@50. علاوة على ذلك، حقق نموذج MTSD_YOLOv8n دقة ٩٩,٩٪. يتمتع أداء نموذج MobileNetv1_ LGBM_GEN (MobileNetv1_Light Gradient Boosting Machine_ Genetic) بأداء متفوق مقارنة بالنماذج المقترحة الأخرى بدقة ٩٩,٤٪. علاوة على ذلك، أظهرت النتائج أن نظام FMDMIS أنتج نتائج فعالة ومميزة مقارنة بالطرق الأخرى التي تستخدم نفس مجموعات البيانات من الأدبيات.

تم بناء تطبيق ويب سهل الاستخدام باستخدام إطار عمل Flask المستند إلى الويب للكشف عن أقنعة الوجه وتم نشره على مثيل Amazon Elastic Compute Cloud الذي يمكن المستخدمين من الوصول إلى التطبيق من خلال متصفحات الويب الخاصة بهم. تم تنفيذ نظام FMDMISبنجاح في إحدى العيادات الطبية التابعة لمجمع طبي في محافظة دهوك من خلال استخدام كاميرتين إما(كاميرتين ويب خارجيتين بدقة Full HD أو كاميرا كمبيوتر محمول أو كاميرا محمولة) لمراقبة الأشخاص. إذا تم اكتشاف شخص بدون قناع في العيادة، يقوم النظام بتشغيل صوت صفير ويرسل إشعارات في الوقت الفعلي مع صور الأفراد المكتشفين إلى تطبيق الهاتف المحمول المخصص.

وأخيرًا، أظهرت نتائج تطبيق FMDMIS كفاءة عالية في جوانب مختلفة من العمل، وساهم بشكل فعال في تحسين الصحة العامة والسلامة. تم ترشيح نظام FMDMIS ضمن الحاضنة التكنولوجية / وزارة العلوم والتكنولوجيا / هيئة البحث والتطوير الصناعي.